



【Research report】

棉蚜之族群增長及其溫度依變效應【研究報告】

劉玉章、彭仁君

*通訊作者E-mail:

Received: Accepted: 1987/07/07 Available online: 1987/09/01

Abstract

摘要

於16、21、25、27、28.5及30°C定溫下，試驗結果所得棉蚜生殖前期各期發育之最適溫度，與以二次迴歸方程式求得之最適溫度相符合，均為27°C。以X - 截距法(X - intercept method)求得各發育期之發育臨界低溫為7.34°C。各定溫下之齡別存活率(lx)皆可存活至成蟲期，溫度愈高壽命愈短，低溫可延緩其發育，增長壽命。齡別生殖率(mx)高峰在各定溫下皆可維持10天，生殖期為20-25天，不適之高溫或低溫，可延長其生殖期。棉蚜於25°C定溫及變溫下，於出生後第5天內進入生殖期，其齡別存活率於小幅變溫下降至83%，大幅變溫下降至70%，變溫不利於發育中群體之存活。網室中72°C下之夏季變溫與定溫試驗結果相似，均具良好之發育增殖潛能，唯秋冬冷季因溫差較大，溫度變化不穩定，其變溫下之發育、存活及生殖，有異於定溫21°C者甚大，不利棉蚜族群之發展。各族群介值(demographic statistics)，以27°C時之之內在增殖率($\gamma = 0.541$)及終極增殖率($\lambda = 1.718$)為最大，其平均世代時間($GT = 7.90$)、生殖前期($TTFR = 4.56$ 天)及族群增倍所需時間($DT = 1.28$ 天)為最短。室內高溫變溫與夏季室外變溫之生命表介量相近似，但室內低溫變溫與冷季室外變溫則有顯著之差異。棉蚜之族群增長速率在25°C定溫下，初呈正值快速成長，至第10日達高密度時遂行緩和，增長趨勢呈 γ -指數增長，此時之幼齡個體佔族群年齡分佈之絕大多數，於達高峰時，由於密度壓力及族群之遷移分散，而使族群大幅滑落，幼齡個體比例隨行減低，有翅個體顯著增加。

Key words:

關鍵詞:

Full Text:  [PDF \(0.86 MB\)](#)

下載其它卷期全文 Browse all articles in archive: <http://entsocjournal.yabee.com.tw>

棉蚜之族羣增長及其溫度依變效應

劉 玉 章 彭 仁 君

國立中興大學昆蟲學研究所

(接受日期: 民國76年7月7日)

摘 要

於 16、21、25、27、28.5 及 30°C 定溫下，試驗結果所得棉蚜生殖前期各期發育之最適溫度，與以二次迴歸方程式求得之最適溫度相符合，均為 27°C。以 X -截距法 (X -intercept method) 求得各發育期之發育臨界低溫為 7.34°C。各定溫下之齡別存活率 (l_x) 皆可存活至成蟲期，溫度愈高壽命愈短，低溫可延緩其發育，增長壽命。齡別生殖率 (m_x) 高峯在各定溫下皆可維持 10 天，生殖期為 20~25 天，不適之高溫或低溫，可延長其生殖期。棉蚜於 25°C 定溫及變溫下，於出生後第 5 天內進入生殖期，其齡別存活率於小幅變溫下降至 83%，大幅變溫下降至 70%，變溫不利於發育中羣體之存活。網室中 72°C 下之夏季變溫與定溫試驗結果相似，均具良好之發育增殖潛能，唯秋冬冷季因溫差較大，溫度變化不穩定，其變溫下之發育、存活及生殖，有異於定溫 21°C 者甚大，不利棉蚜族羣之發展。各族羣介值 (demographic statistics)，以 27°C 時之內在增殖率 ($r=0.541$) 及終極增殖率 ($\lambda=1.718$) 為最大，其平均世代時間 ($GT=7.90$ 天)、生殖前期 ($TTFR=4.56$ 天) 及族羣倍增所需時間 ($DT=1.28$ 天) 為最短。室內高溫變溫與夏季室外變溫之生命表介量相近似，但室內低溫變溫與冷季室外變溫則有顯著之差異。棉蚜之族羣增長速率在 25°C 定溫下，初呈正值快速成長，至第 10 日達高密度時遂行緩和，增長趨勢呈 r 之指數增長，此時之幼齡個體佔族羣年齡分佈之絕大多數，於達高峯時，由於密度壓力及族羣之遷移分散，而使族羣大幅滑落，幼齡個體比例隨行減低，有翅個體顯著增加。

前 言

棉蚜 (*Aphis gossypii* Glover) 為雜食性昆蟲，在本省終年發生、四季可見，其所為害之寄主植物目前已知者達 40 科 80 種，其中以葫蘆科、桃金娘科、桑科及茄科等為主，並可加害多種木本及草本植物 (許, 1985)。其成蟲及若蟲直接刺吸植物葉、莖等幼嫩組織，造成寄主之枯萎與生長障礙，加以其繁殖力強，環境適宜時族羣之增長迅速，常造成大量為害。

害蟲之管理及其防治策略運用，端賴生態之基礎資料為依據，棉蚜族羣季節之增長表現乃受其本身生物潛能及環境因子綜合作用所左右，環境因子中以溫度之影響最大，而其族羣之增長潛能則由發育速率、生殖率及存活率三個生物特性所共同決定。本文乃利用生命表所得之棉蚜生活史及族羣變動基本資料，應用統計及數學運算方法，求得各項代表其生物特性之族羣介值 (demographic statistics)，並以此將研究所得之族羣發育、存活、生殖及增長等表現於族羣統計學 (demography) 中。著重於不同溫度型態下對棉蚜發育、生殖、存活、壽命及族羣增長等影響之探討。將各種溫度下之生命表資料設計為電腦程式，期能提供族羣增長之模擬，同時以所獲得之各族羣介值輔助於棉蚜族羣於

田間變動之分析。

材料與方法

一、溫度對棉蚜發育及族羣介值之影響

1. 不同溫度下棉蚜之發育、存活與生殖

(1) 室內定溫與變溫試驗

自臺中大里鄉葫蘆瓜園採回之棉蚜，以浮葉飼育法分別飼育於各試驗所需溫度之生長箱中，每 3~4 天更換葫蘆瓜葉一次，經一代以上飼育後，作為各溫度試驗之蟲源羣體 (stock colony)。

成蚜開始生殖後 2~3 天，自蟲源羣體中以細毛筆移取 40~60 隻，分別放入不同溫度處理下之新鮮浮葉上 (葉片直徑 3 公分)。經 5 小時後挑除成蚜，將其所產下之一齡若蚜一隻留於浮葉上，進行個別生活史觀察；每 8 小時以解剖顯微鏡觀察一次，記錄各發育期所需要之時間；每 24 小時記錄各發育期之存活蟲數及成蚜每日生殖量。所進行之溫度試驗分別為：

A. 定溫試驗：於 16、21、25、27、28.5、30 及 32°C 七種溫度下分別進行。

B. 變溫試驗：參照田間溫度之季節性變化情形，採取 17~20~23~20°C、22~25~28~25°C、20~25~30~25°C 及 27~30~33~30°C 四種溫度變化之設計，各溫度變動之間隔為 6 小時，並參照一日內室外溫度連續變化之情形，於每日 5:00、11:00、17:00 及 23:00 定時作溫度之變換。分別於生長箱中進行定溫及變溫試驗，試驗期間之光週期均採用 12D:12L，相對濕度保持 70%。

(2) 室外變溫試驗

以盆栽種植葫蘆瓜苗，於室外進行自然變溫下之觀察試驗，將甫產下 5 小時內之一齡若蟲各一隻，個別移置於瓜葉背面。將 35 個相同處理之盆栽置入細目網箱中，以隔離天敵與蟻類等其他因子之干擾。遇天雨時，則於箱頂覆蓋透明塑膠布以防大雨沖刷。每日記錄存活數量及生殖情形，並以自動溫濕度計記錄試驗期間之溫、濕度變化。於 1985 年 8 月 9 日至 9 月 8 日進行夏季變溫之室外試驗，同年 10 月 26 日至 12 月 4 日進行秋冬季變溫之室外試驗。

2. 族羣介值 (demographic statistics) 之計算

(1) 發育速率、臨界溫度及發育積溫量

計算各發育期在不同定溫下之發育速率，將發育速率與溫度呈直線關係部份作直線回歸，以 X -截距法 (X -intercept method) (Arnold, 1959) 求出發育期之臨界發育低溫 (tL)，將 tL 代入積溫式 $DD = T(Ct - tL)$ 求其完成各發育期所需之積溫量 (degree-days)， T ：完成發育所需時間， C ：試驗溫度。將各定溫下之發育速率與溫度作二次迴歸式，令其一次微分式為零，求出各發育期最適發育速率之溫度 (tU)。

(2) 生命表介值

將日齡別存活率 (l_x) 及日齡別生殖率 (m_x) 資料代入各生命表介量計算公式 (附錄)。利用作者設計之 Fortran V 電腦程式，在 C. D. C. 170/820 系統求出各值，其中 r 值乃利用 Newton-Raphson 方法解 Euler 方程式 ($\sum_{x=0}^{\infty} l_x m_x e^{-rx} = 1$) 而得。

二、族羣增長

1. 室內 25°C 定溫下之族羣增長

將甫產下 3 小時內之一齡若蟲，以細毛筆輕移於盆栽葫蘆瓜嫩葉上，每棵一隻，並在葉柄端部塗以黏膠 (tangle foot)，限制其於固定葉片範圍內生長繁殖。每 1~3 天計數葉片上各齡期之蚜蟲數。共作 10 個重覆。

2. 不同起始蟲數於網室變溫下之族羣增長

於網室內，將盆栽葫蘆瓜葉片上之 3~4 齡若蚜，分別設計為每株具 1、2、3 及 4 隻四種不同數量之起始蟲數，使其繁殖增長。每天計數葉片上之總蟲數及有翅個體數，直至瓜葉初呈黃化為止。以自動溫濕度計記錄每日之溫濕度變化。試驗期間自 1985 年 4 月 20 日至 5 月 2 日。

3. 族群增長率之計算

將族群在每一試驗時間之蟲數 (N_t)，取自然對數 $\ln(N_t)$ 繪出以時間 (t) 為橫軸， $\ln(N_t)$ 為縱軸之座標圖形。由 $r = [\ln(N_t) - \ln(N_0)]/t$ 公式，可知一時間區段之斜率 $\ln(N_t) - t$ ，即為此時間之族群平均增長率 \bar{r} ，寫為 $N_t = N_0 \times e^{\bar{r}t}$ 或 $N_t = N_0(e^{r_0 dt} \times e^{r_1 dt} \times e^{r_2 dt} \times e^{r_3 dt})$ (Emlen, 1973)。

結果與討論

一、溫度對棉蚜發育及族群介值之影響

1. 不同溫度下棉蚜之發育、生殖及存活

(1) 定溫下生殖前期各期之發育

臺灣地屬亞熱帶氣候，終年氣溫偏高，研究溫度對棉蚜之效應，其重點偏重於發育適溫與高溫部份之探討。

於 16、21、25、27、28.5 及 30°C 定溫下，棉蚜生殖前期（由出生到生殖前）之各發育期所需發育時間列於表一。結果顯示，未成熟期各齡期之發育對溫度之感應頗為一致。各發育期在 16°C 時所需之時間最長。而後，隨溫度之上升其發育速率成正比增加，於 27°C 時發育期需時最短，是為棉蚜發育之最適溫度。之後溫度再升發育反行減緩，於 32°C 超過其有效溫度，棉蚜即停止發育，其一齡若蟲更無法繼續存活至下一齡期。

表一 定溫下棉蚜未成熟期各期之發育時間（天）

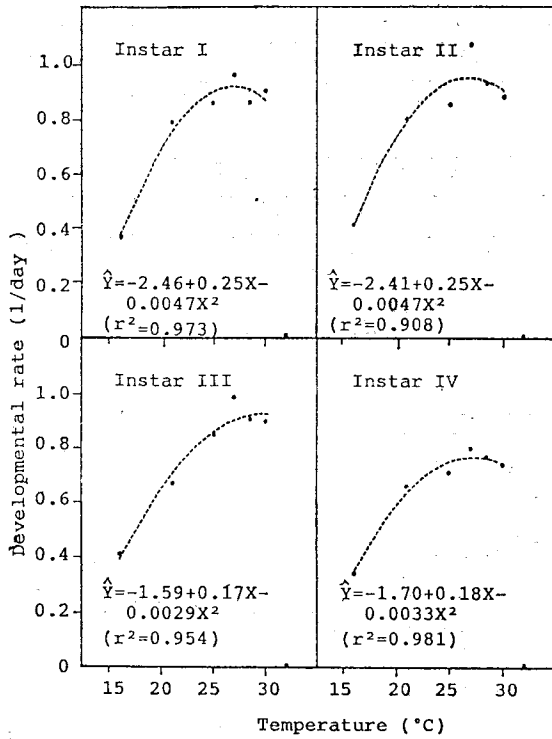
Table 1. Duration (days) for each immature stage of *A. gossypii* apterae at selected constant temperatures

Stage	Duration (Mean ± S. D.)					
	16°C	21°C	25°C	27°C	28.5°C	30°C
Instar I	2.80 ± 0.32	1.27 ± 0.13	1.16 ± 0.17	1.05 ± 0.12	1.16 ± 0.21	1.12 ± 0.20
Instar II	2.46 ± 0.20	1.25 ± 0.19	1.18 ± 0.19	0.93 ± 0.14	1.08 ± 0.17	1.14 ± 0.17
Instar III	2.46 ± 0.37	1.50 ± 0.17	1.18 ± 0.19	1.01 ± 0.06	1.10 ± 0.15	1.12 ± 0.16
Instar IV	2.93 ± 0.40	1.53 ± 0.17	1.41 ± 0.18	1.26 ± 0.14	1.30 ± 0.13	1.35 ± 0.20
I-PR ^a	11.15 ± 0.67	5.88 ± 0.29	5.22 ± 0.30	4.56 ± 0.23	5.06 ± 0.30	5.22 ± 0.61
N ^b	32	31	37	35	34	34

a. I-PR (TTFR): Stage between birth and first reproduction.

b. N: Numbers of insects examined.

棉蚜在不同溫度下各期發育速率之變化，經以曲線圖形表現於圖一。由於本試驗偏重於對適溫與高溫狀況下之探討，因此而獲得發育速率與溫度變化之二次曲線之圖形。利用二次迴歸方法求出各期發育速率與溫度之二次曲線迴歸方程式，將之取一次微分可求得各期發育之理論最適溫 (tU)，其結果列於表二。各期之最適溫度分別為：I 齡 26.82°C、II 齡 26.87°C、III 齡 29.65°C、IV 齡 27.34°C，生殖前期為 26.84°C，其中除 III 齡偏高外其餘各值皆在 27°C 左右，此與定溫試驗所得結果之數據相當符合。利用此便利而普遍之迴歸統計方法，求出曲線變化關係，提供快速而正確之結果，可減



圖一 棉蚜各若蟲期之發育速率—溫度依變曲線

Fig. 1. Temperature-dependent developmental curve for each nymphal instar of *A. gossypii* apterae (dot: developmental rate at constant temperature, dotted line: binomial regression showing the relationship between developmental rate (Y) and temperature (X)).

表二 棉蚜各發育期之發育適溫及其發育速率—溫度二次迴歸式

Table 2. The optimal developmental temperature and the developmental rate-temperature binomial equation for each developmental stage of *A. gossypii* apterae

Stage	Binomial equation ^a	R ²	tU(°C) ^b
Instar I	$\hat{Y} = -2.46 + (0.251)X - 0.0047X^2$	0.973	26.82
Instar II	$\hat{Y} = -2.41 + (0.251)X - 0.0047X^2$	0.908	26.87
Instar III	$\hat{Y} = -1.59 + (0.169)X - 0.0029X^2$	0.954	29.65
Instar IV	$\hat{Y} = -1.70 + (0.181)X - 0.0033X^2$	0.981	27.34
I-PR	$\hat{Y} = -0.502 + 0.0526X - 0.00098X^2$	0.967	26.84

^a. X: Temperature; \hat{Y} : Developmental rate (1/day).

^b. tU: Optimal development temperature.

少許多研究多次曲線關係時對資料之繁雜轉換計算工作 (Harcourt and Yee, 1982)。

將發育速率與溫度呈直線變化部份之數據作直線迴歸，以截距法求出各發育期之發育臨界低溫，其結果列於表三。各期發育臨界低溫分別為：I 齡 8.04°C、II 齡 7.97°C、III 齡 8.14°C、IV 齡 6.34°C、生殖前期 7.34°C，其範圍在 6~8°C 間。將各臨界低溫代入積溫式，求出各期發育所需之

表三 棉蚜未成熟期各期之發育臨界低溫及生理積溫時間

Table 3. Low developmental threshold temperature and development time (D°) for immature stages of *A. gossypii* apterae

Stage	tL^a ($^\circ\text{C}$)	Physiological time (mean \pm S. D.)	Weighted regression ^b	R^2
Instar I	8.04	19.58 \pm 2.40	$\hat{Y} = -0.419 + (0.0521)X$	0.915
Instar II	7.97	18.46 \pm 1.80	$\hat{Y} = -0.437 + (0.0548)X$	0.926
Instar III	8.14	19.38 \pm 0.37	$\hat{Y} = -0.421 + (0.0517)X$	0.996
Instar IV	6.34	25.72 \pm 2.45	$\hat{Y} = -0.249 + (0.0393)X$	0.929
I-PR ^c	7.34	89.54 \pm 6.85	$\hat{Y} = -0.0822 + (0.0112)X$	0.958

^a. tL : Low developmental threshold temperature.

^b. X : Temperature; \hat{Y} : Developmental rate (1/day).

^c. Footnotes: Same as Table 1.

生理積溫時間，結果同列於表三；其中前三齡之各齡發育時間相同，無顯著差異 ($p=0.05$; t -test)，即其 instar period (Hughes, 1963) 平均為 $19.14D^\circ$ ；第 IV 齡之發育期稍長，約為前三齡各期發育時間之 1.3 倍。此發育現象與多篇蚜蟲報告結果相符 (Hughes, 1963; Hutchison 及 Hogg, 1984)。發育臨界低溫除提供昆蟲發育限制低溫之資料外，並為利用積溫律計算各蟲期生理時間 (physiological time) 之基本介量。基溫律在適溫範圍內，可對昆蟲之發育速率與溫度間關係提供有效而便利之解釋。

(2) 定溫下齡別存活率及齡別生殖率

定溫 16、21、25、27、28.5 及 30°C 下，棉蚜之齡別存活率 (l_x) 與齡別生殖率 (m_x) 曲線分別表繪於圖二。 l_x 曲線於各定溫下皆可延伸至成蟲期，直至產若蟲後期因壽命趨向自然死亡而始行突然降低。除在 16°C 低溫下棉蚜之壽命可延長至 70 天外，隨溫度之上升其壽命由 21°C 之 36 天漸次縮短至 30°C 之 29 天。此結果顯示，在定溫下溫度愈高棉蚜之壽命愈短，而低溫環境中，棉蚜之發育有顯著之滯延，反使其壽命大幅增加，此當有助於族羣渡過寒冷之低溫季節。

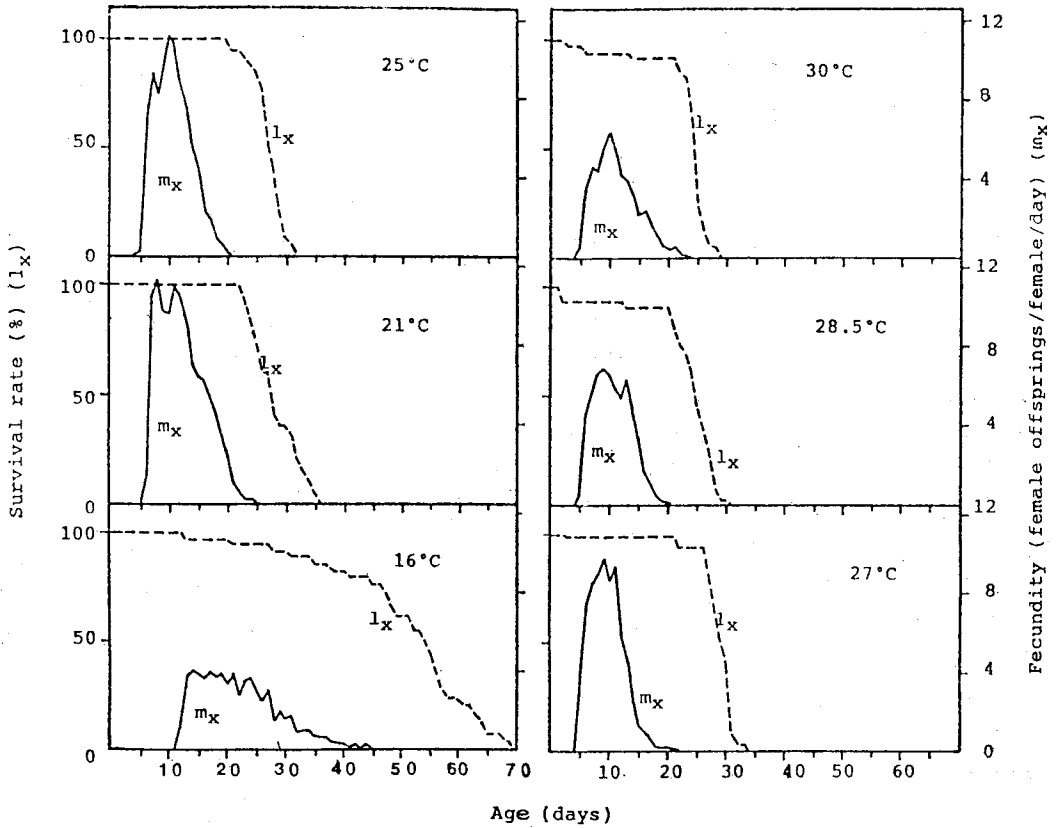
棉蚜之齡別生殖率 (m_x) 曲線，於甫進入產若蟲期之初，即迅速上升而達生殖高峯。此高峯在 21、25、27、28.5 及 30°C 可維持約 10 天。整個生殖期平均在 20~25 天之間。其生殖高峯以 21°C 及 25°C 之每雌蟲每日產 11 隻若蟲為最高，當溫度再上升，生殖率反逐漸降低； 28.5°C 及 30°C 時分別為 7 隻及 6.2 隻。而低溫 16°C 時則更低，每隻雌蟲僅能產 4 隻若蟲，但此時之生殖期可延到 35 天左右。由此可知，棉蚜在發育適溫下具有快速而高量之生殖潛能；在低溫與高溫不利環境中，雖然生殖高峯降低，但其生殖期增長可幫助棉蚜在有利溫度恢復後，使其族羣由後來產下之子代增殖，在短期內再度大幅回升。

(3) 不同變溫下之發育、存活及生殖

以 25°C 定溫及 $22\sim 25\sim 28\sim 25^\circ\text{C}$ 小幅變溫與 $20\sim 25\sim 30\sim 25^\circ\text{C}$ 大幅變溫三種溫度型態比較棉蚜之影響。結果繪於圖三，三種不同溫度型態下之棉蚜族羣皆於出生後第 5 天內進入生殖期，唯其齡別存活率 (l_x) 三者間有明顯之差異。其中定溫 25°C 之存活率最高，小幅變溫則降為 83%，大幅變溫更降低至 70%，顯示每日較大幅度之溫度變化對發育中個體之存活有不利之影響。而三溫度下之齡別生殖率曲線 (m_x) 則大致相同，二變溫下之生殖高峯要較定溫下者稍高。

(4) 室外變溫下之發育、存活及生殖

夏季 (summer season) 於網室變溫下所得之齡別存活率 (l_x) 及齡別生殖率 (m_x) 曲線見圖四。棉蚜族羣於出生後至第 5 天進入生殖期。在發育期內每日之低溫—均溫—高溫之平均溫度分別為



圖二 棉蚜於不同定溫下之齡別存活率 (l_x) 及生殖率 (m_x)

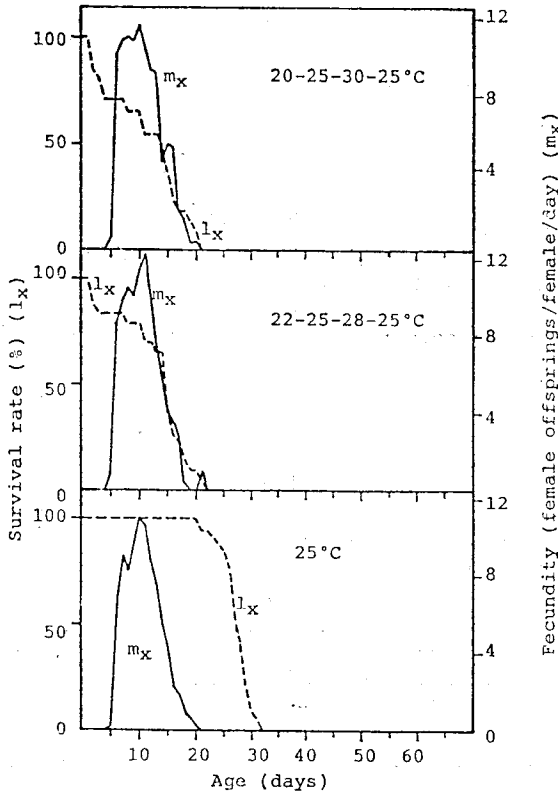
Fig. 2. Age-specific survival rate (l_x) and fecundity (m_x) of *A. gossypi* apterae at various constant temperatures.

25.9~29.9~33.9°C，其變化與變溫 27~30~33~30°C 相似。夏季試驗期間每日之低溫—均溫—高溫之平均溫度為 24.2~28.1~31.9°C，其齡別存活率、生殖率曲線則與 27~30~33~30°C 較類似，同時又與定溫 27°C 及 28.5°C 相近似。由此夏季室外變溫之試驗結果來看，棉蚜於夏季高溫下具良好之發育增殖潛能。

秋冬季 (cold season) 田間之溫度變化不穩定，晝夜溫差亦大，對棉蚜之生存、發育顯有不利影響，棉蚜在此變動溫度下之發育、存活及生殖，表現於圖四之齡別存活率 (l_x) 及齡別生殖率 (m_x) 曲線。棉蚜族群從出生到第 5 天進入其生殖期，在此發育期內每日低溫—均溫—高溫之平均溫度為 21.78~25.83~30.08°C，其齡別存活率曲線與 20~25~30~25°C 律溫之下結果相符合，二者分別為 73% 及 70%。但其齡別生殖率受生殖初期氣溫下降影響，造成曲線普遍之低落。生殖期間之每日低溫—均溫—高溫之平均溫度為 17~22.3~27.2°C，其平均溫度偏低致使生殖期長達 30 天。秋冬季之溫度變化較大且不穩定，加以低溫作用對棉蚜殊多不利。其生活期間之平均溫度雖為 21.83°C，但其發育、存活及生殖却與 17~20~23~20°C 律溫及 21°C 定溫有甚大差別。由此可知平均溫度雖相同，但其恒溫與變溫作用對昆蟲之生物效應則截然不同，故以定溫試驗資料以解釋田間族群變化時，當需格外慎重。

2. 族群介值

(1) 定溫下之族群介值



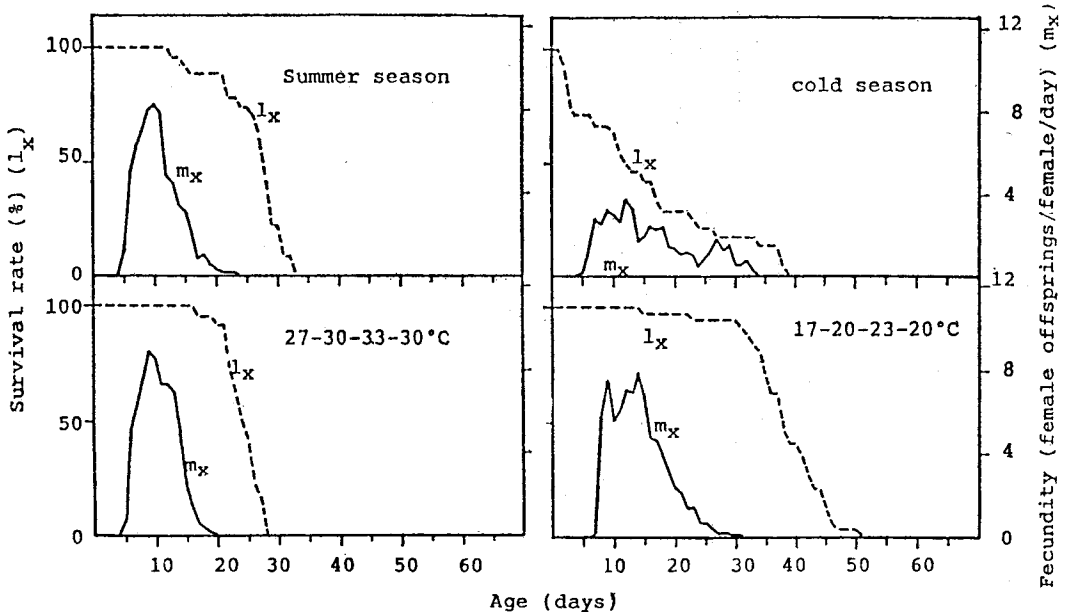
圖三 棉蚜於 25°C 定溫及二種幅度變溫下之齡別存活率 (l_x) 及生殖率 (m_x)

Fig. 3. Age-specific survival rate (l_x) and fecundity (m_x) of *A. gossypii* apterae at 25°C and two fluctuating temperatures.

在計算 r 值公式 $\sum_{x=0}^{\infty} l_x m_x e^{-rx} = 1$ 中，生殖前期 (TFR) 時間之長短，對於 r 值大小具重要之影響。而棉蚜發育快，其生殖前期在適溫下僅需 5 天左右，伴隨生殖高峯期之快速到達，使棉蚜具有很大之增殖潛能。而達到 50% 淨生殖率 R_0 所需要之時間 (GT ，平均世代時間)，亦和生殖前期與溫度之依變關係相同。在 $r = \ln R_0 / GT$ 計算公式中，可瞭解 GT 對 r 值亦具有直接影響。由以上可知發育速率與 r 值間具極重要而密切之關係，將各定溫下之生殖前期轉換為發育速率，求其與 r 值之相關係數可得 0.982，二者間相關性極密切 (表四)。

由前項試驗結果可知棉蚜之生殖高峯於 16°C 最低，21°C 及 25°C 較高，溫度增加後，其生殖高峯反隨之下降。此溫度對生殖高峯之影響，同樣的也影響棉蚜之總生殖率 ($GRR = \sum_{x=0}^{\infty} m_x$) 及淨生殖率 ($R_0 = \sum_{x=0}^{\infty} l_x m_x$) (圖五)。表六中 R_0 值在 21°C 最高為 109.17，隨溫度之上升而逐漸降低，於 25°C 降為 88.29，27°C 為 71.94，30°C 高溫時更降為 48.29。而 16°C 時因生殖期增長其 R_0 值為 62.15。由此可知，高溫與偏低溫對棉蚜之生殖皆有抑制之不利作用，此種現象在其他種類之蚜蟲也非常普遍 (DeLoach, 1974; 黃及謝, 1983; Summers *et al.*, 1984)。而 GRR 與 R_0 之差值很小，顯示定溫之棉蚜之存活率高。

由表五知，內在增殖率 r 值於 21°C 時為 0.481，隨溫度上升而增高，於 27°C 達最高 0.541，溫度繼續升高， r 值反而下降，30°C 時為 0.426，其中以低溫 16°C 之 r 值為 0.226 最低。其在各溫度下之變化趨勢與生殖前期發育速率頗為一致，此結果可由圖六顯示。其中在 16°C 低溫完成生殖前期需 11.15 天較之其他溫度要高出一倍，此為其 r 值顯著偏低之原因。另外由 $r = \ln R_0 / GT$ 算



圖四 棉蚜於不同變溫環境下之齡別存活率 (l_x) 及生殖率 (m_x)

Fig. 4. Age-specific survival rate (l_x) and fecundity (m_x) of *A. gossypii* apterae under different fluctuating temperature conditions.

表四 不同定溫下棉蚜各發育期發育速率及其內在增殖率間之相關表

Table 4. The correlation matrix of each developmental stage and the intrinsic rate of increase of *A. gossypii* at various constant temperatures

	Instar I	Instar II	Instar III	Instar IV	I-PR
Instar I	0.992				
Instar II	0.987	0.990			
Instar III	0.997	0.994	0.991		
I-PR ^a	0.997	0.997	0.993	0.998	
r^b	0.980	0.977	0.954	0.976	0.982

^a. Footnotes: Same as Table 1.

^b. r : The intrinsic rate of increase.

式中，因分子取 \ln 值使 R_0 差異幅度減低，因此相對的其對 r 值之影響便低於發育速率。在 21°C 下，因有較大之 R_0 值使其 r 值有稍高情形（圖五）。 r 值涵括生物發育、生殖與存活三項特性，棉蚜在 16°C 以上之各種溫度中皆具高 r 值增殖潛能，此符合農業生態系適宜 r 型害蟲發展之特性。

年齡結構為族群重要特性之一，其為族群發展重要指標，不同之年齡構造可影響族群之增長表現。將各定溫下之穩定日齡分佈 (stable age distribution) 轉換為穩定齡期分佈 (stable stage distribution)，繪於圖七。可知在 21°C 、 25°C 及 27°C 下 I~II 齡蟲佔族群之 62.5%，成蟲僅佔 10%。 16°C 低溫下 I~II 齡蟲之比率更高為 67.5%， 28.5°C 及 30°C 高溫下 I~II 齡蟲比率則偏低，而成蟲較高為 15%。由以上所表現之穩定年齡分佈下，棉蚜族群可在其定溫環境中，獲得一相當高之固定增殖率 r 。

表五 不同定溫下棉蚜之族羣介值

Table 5. Demographic statistics for *A. gossypi* apterae at various constant temperatures

Demographic statistic	16°C	21°C	25°C	27°C	28.5°C	30°C
TTA	10.64	5.54	4.93	4.25	4.63	4.72
TTFR	11.15	5.88	5.22	4.56	5.06	5.22
GT	18.29	9.76	8.83	7.90	8.91	9.10
DT	3.07	1.44	1.37	1.28	1.53	1.63
GRR	65.88	109.17	88.30	73.41	60.61	51.65
R_0	62.15	109.14	88.29	71.94	55.94	48.29
r	0.226	0.481	0.507	0.541	0.452	0.426
λ	1.25	1.617	1.661	1.718	1.57	1.531
n	33	20	37	33	30	36

TTA: Time from birth to adult.

TTFR: Prereproductive period.

GT: Mean generation time (days).

DT: Doubling time (days).

GRR: Gross reproductive rate ($\sum_{x=0}^{\infty} m_x$)

R_0 : Net reproductive rate ($\sum_{x=0}^{\infty} l_x m_x$).

r : Intrinsic rate of increase.

λ : Finite rate of increase.

n : Number of insects examined.

(2) 室內與田間族羣介值之比較

由室內各溫度試驗結果可知棉蚜具發育快、生活史短及增殖率強之特性。族羣在特定環境中一但達到穩定年齡分佈由於各年齡具特定之增殖率及死亡率，而使族羣具有固定之增殖率。基於此，乃於田間製作特定季節溫度型態下之棉蚜生命表，進而求出其族羣介值。同時將室內與田間結果對照比較，更可正確的瞭解並掌握棉蚜族羣在自然環境下之增長表現及其變動趨向。

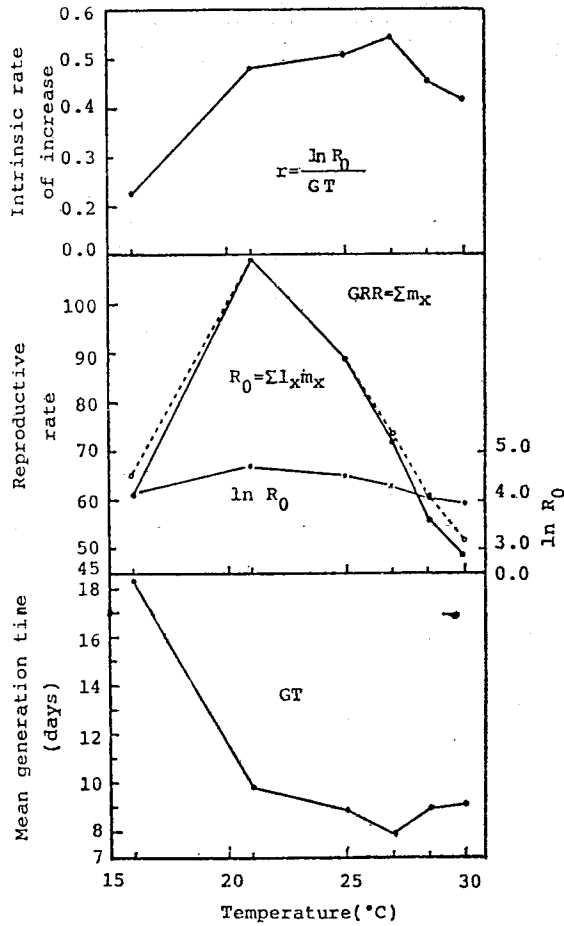
於表六中，夏季網室變溫與室內 30°C (表五) 變溫下各族羣介值十分相近，顯示此二種變溫對棉蚜族羣增長作用之效應甚為相似。其原因主要為夏季試驗期間之變溫，溫度無劇烈不定之變化，常維持一較固定之溫度變化範圍，頗類似室內 30°C 高溫變溫下之結果。由以上各介值之比較，在高溫環境中，定溫較變溫 (溫差=6°C) 不利於棉蚜之發育增殖。

秋冬季網室變溫由於多季晝夜溫差大，使得棉蚜發育期間之存活率低。加以生殖期間溫度下降，晝夜溫差達 12°C，不但造成棉蚜存活率於生殖期再度下降，亦使棉蚜產蟲數降低而無法回升。使棉蚜總生殖率數 (GRR) 僅為 47.79 而淨生殖率 (R_0) 降至 20.62，比較二介值可看出劇烈變溫對棉蚜存活有不利之影響。

二、族羣增長

1. 25°C 定溫下之族羣增長

圖八之實線為 25°C 定溫下棉蚜族羣之增長，虛線為理論族羣增長率 (r_m)。在盆栽瓜葉上，棉蚜於進入產若蟲期後第 1 天至第 7 天之時間區段中，族羣平均增長速率 $\bar{r}=0.506$ ，此數據與定溫 25°C 生命表資料求出之內在增殖率 $r=0.507$ 一致。



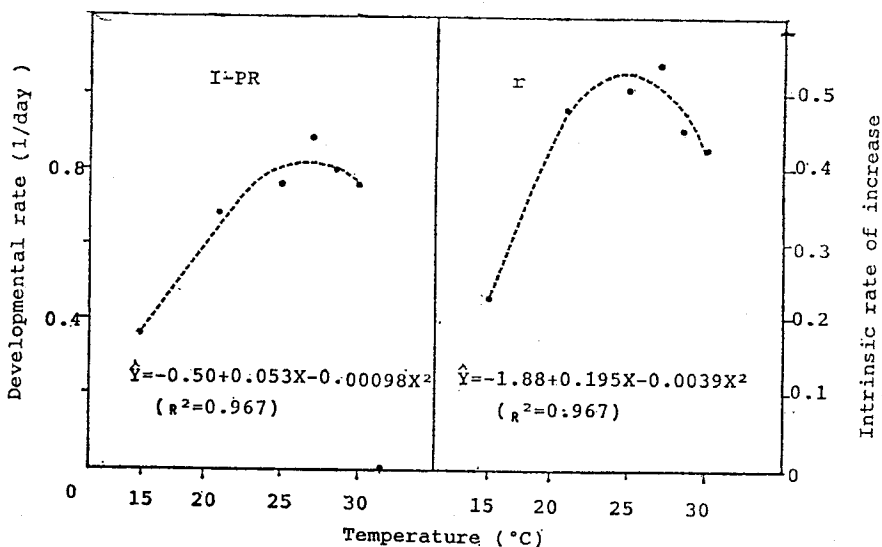
圖五 不同溫度下棉蚜之平均世代時間 (GT)、淨生殖率 (R_0) 及內在增殖率 (r)
 Fig. 5. Mean generation time (GT), net reproductive rate (R_0) and intrinsic rate of increase (r) of *A. gossypi* at various constant temperatures.

第 7 天至第 11 天之族羣年齡結構，趨向定溫 25°C 理論求得之穩定齡期分佈。此時間區段中 $r=0.415$ ，與理論求得之穩定齡期分佈下之單位時間 r 值 (0.507) 相接近，但仍較之為低。可能由於實際增長受棉蚜取食造成作物營養成分降低 (第 11 天葉片成輕度黃化)，及環境固定族羣趨於臨界密度等不利作用所致。於第 13、14 天 $r=0.061$ ，可知族羣密度已達葉片負荷界限 (高度黃化)，此時發育期蟲數比率降低，有翅型個體出現，顯示葉片狀況不利棉蚜繼續增長，且密度已成擁擠 (crowding) 狀態。至第 16 天葉片已全部乾燥，造成族羣下降，增長呈現負數，族羣組成中有翅型比例上升，幼齡 (I~II 齡) 百分比漸次下降，最後族羣數量降至谷底，成蟲中皆屬有翅個體，無翅型則散離他遷而不再生殖，致使 I 齡幼蟲個體數為零。

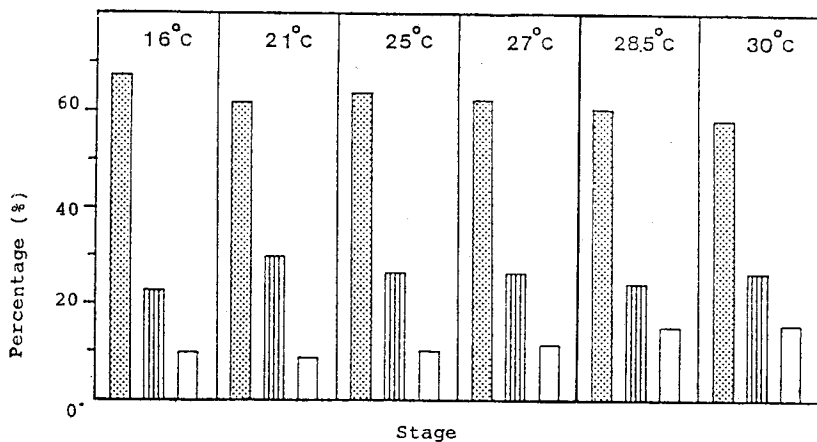
由此固定環境下之棉蚜族羣增長過程中，可以瞭解，棉蚜由於發育快、生殖率強，可在短時間內達到穩定年齡分佈，並趨近理論 r 值之增長率；當族羣大量增加至密度高峯時，棲所無法負荷，族羣增長率遂行下降，有翅型大量產生並遷移分散，族羣趨向衰落。

2. 不同起始蟲數於網室變溫下之族羣增長

族羣之增長發展因起始數 (IN) 之差異而不同。由圖九顯示，在試驗期間，起始蟲數愈高族羣愈快到達臨界高峯，此時之擁擠作用造成有翅個體之產生。其中 IN=4 之族羣於第 6 天即有有翅個體。



圖六 不同溫度下，棉蚜生殖前期 (I-PR) 發育速率及其內在增殖率 (r) 之溫度依變模式
 Fig. 6. Temperature-dependent developmental rate of pre-reproductive stage (I-PR) and the intrinsic rate of increase of *A. gossypii*.



圖七 棉蚜於不同溫度下之穩定齡期分佈
 Fig. 7. Histogram of stable stage distribution of *A. gossypii* apterae at various constant temperatures.
 (▨: Instar I-II, ▨: Instar III-IV, □: Adult)

出現，其族羣於第 7 天後開始下降。IN=3 之族羣則於第 7 天出現有翅個體。而 IN=1 與 IN=2 之族羣於第 9 天有翅個體始有較顯著之數量出現。在此試驗期間內，低起始數之族羣皆成正值增長。

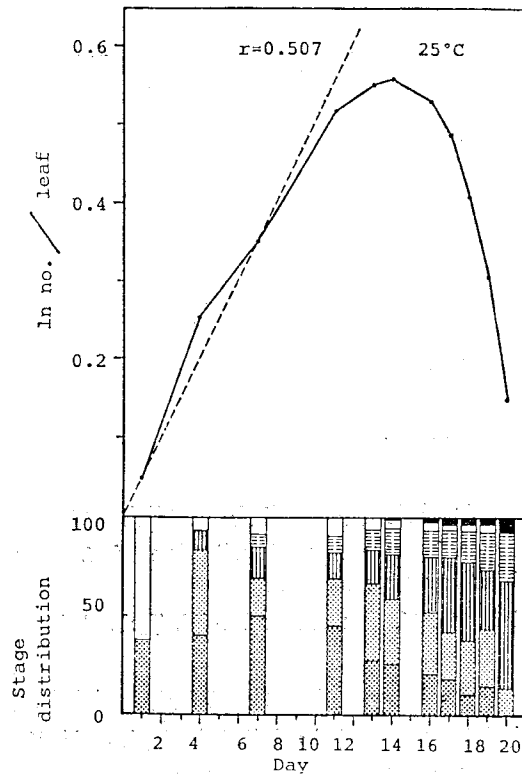
網室試驗期間內之溫度變化穩定，平均為 19.58~24.61~29.57°C。將變溫試驗 20~25~30~25°C 之內在增殖率 $r=0.489$ 以虛線繪於不同起始數之族羣增長曲線上，以比較族羣增長率間之關係。於第 6 天其第三世代子代出現，此時各族羣增長率與內在增殖率頗為一致。而若作物條件允許，族羣仍可以近於 r 值之增長速率繼續增長，IN=1 及 IN=2 之族羣即為此趨勢。但 IN=3 及 IN=4 之族羣因其有翅個體數之增加，顯示族羣已達不利之密度影響，其後族羣增長率呈負值出現。

表六 室內及田間變溫下棉蚜之族羣介值

Table 6. Demographic statistics for *A. gossypii* apterae at various fluctuating temperatures in laboratory and field

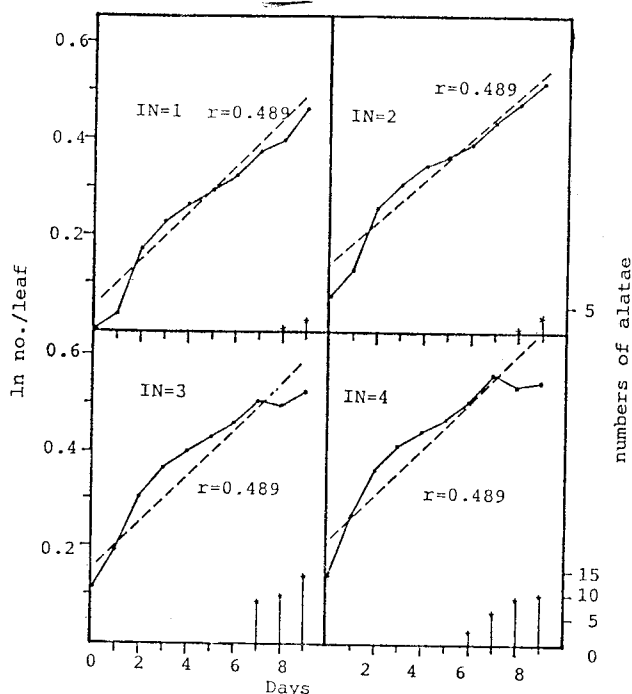
Demographic statistics	20→23 ↑ ↓ 17←20°C (\bar{X} =20°C)	25→28 ↑ ↓ 22←25°C (\bar{X} =25°C)	25→30 ↑ ↓ 20←25°C (\bar{X} =25°C)	30→33 ↑ ↓ 27←30°C (\bar{X} =30°C)	Summer season	Cold season
GT	11.59	8.40	8.40	8.79	8.61	10.21
DT	1.84	1.38	1.42	1.44	1.44	2.34
GRR	79.68	98.49	103.11	68.13	63.96	47.79
R_0	78.60	68.42	60.74	68.09	62.83	20.62
r	0.377	0.503	0.489	0.480	0.481	0.296
λ	1.457	1.654	1.631	1.616	1.617	1.345
n	32	23	20	26	22	24

Footnotes: same as Table 5.



圖八 25°C 定溫下棉蚜族羣增長曲線及其族羣齡期結構

Fig. 8. Population growth curve and histogram of stage structure of *A. gossypii* at 25°C. (—: the intrinsic rate of increase line; ---: In no. of aphid) (▨: Instar I, ▩: Instar II, ▮: Instar III, ≡: Instar IV, □: Apterae, ■: Alatae).



圖九 棉蚜不同起蟲數 (IN=1、2、3 及 4) 於網室變溫下之增長曲線

Fig. 9. The population growth curve of *A. gossypii* started with four different initial number (IN) of adults in screen house. (---: expected; •—: observed)

由以上兩棉蚜族群增長試驗之結果，配合生命表所求得之族群介值資料，可知棉蚜發育快速且繁殖力強，其族群可在短時間內發生世代重疊並形成穩定齡期分佈。Carey (1982) 對二點葉蟎族群統計學 (demography) 之研究亦有相同之結論，Huffaker 及 Habb (1984) 認為此乃多數昆蟲之普遍共有特性。而具有穩定齡期分佈之族群在一穩定環境條件內，其族群具有固定之增長率，由棉蚜族群增長試驗顯示，此族群增長率與同條件之內在增長率相當，此一結果是我們將理論內在增殖率應用於田間族群增長模擬之重要基石。

參 考 文 獻

- 許洞慶 1980 臺灣蚜蟲科種類之增訂。國立臺灣大學博士論文 283 頁。
- 黃振聲、謝豐國 1983 桃蚜之發育生物學及其棲羣增長。植保會刊 25: 77-86。
- 劉玉章、李燕光 1986 土壤物理因子對東方果實蠅蛹族群之影響。中華昆蟲 6: 15-30。
- 劉玉章、齋心、陳雪惠 1985 溫度與食物對東方果實蠅族群介量之影響。中華昆蟲 5: 1-10。
- Arnold, C. Y. 1959. The determination and significance of the base temperature in a linear heat unit system. Proc. Amer. Hort. Sci. 74: 430-445.
- Birch, L. C. 1948. The intrinsic rate of natural increase on an insect population. J. Anim. Ecol. 17: 15-26.
- Carey, J. R. 1982. Demography of the two spotted spider mite *Tetranychus urticae* Koch. Oecologia 52: 389-395.
- Chi, H. and H. Liu. 1985. Two new methods for the study of insect population ecology.

- Bull. Inst. Zool., Academia Sinica 24(2): 225-240.
- Davidson, J. 1944. On the relationship between temperature and rate of development of insects at constant temperatures. *J. Anim. Ecology* 13: 26-38.
- DeLoach, C. J. 1974. Rate of increase of populations of cabbage, green peach, and turnip aphids at constant temperatures. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 67: 332-340.
- Dixon, A. F. G. and Wratten, S. D. 1971. Laboratory studies on aggregation, size and fecundity in the black bean aphid, *Aphis fabae* Scop. *Bull. Ent. Res.* 61: 97-111.
- Dixon, A. F. G. 1985. *Aphid ecology*. Chapman and Hall, New York, 157pp.
- Emlen, J. M. 1973. *Ecology: An evolutionary approach*. Addison-Wesley Publ. Co. Inc.
- Harcourt, D. G. and J. M. Yee. 1982. Polynomial algorithm for predicting the duration of insect life stages. *Environ. Entomol.* 11: 581-584.
- Hardman, J. M. 1976a. Life table for use in deterministic and stochastic simulation models predicting the growth of insect populations under Malthusian conditions. *Can. Entomol.* 108: 897-906.
- Hardman, J. M. 1976b. Deterministic and stochastic models simulating the growth of insect populations over a range of temperatures under Malthusian conditions. *Can. Entomol.* 108: 907-924.
- Huffaker, C. B. and R. L. Rabb. 1984. *Ecological entomology*. John Wiley and Sons.
- Hughes, R. D. 1963. Population dynamics of the cabbage aphid *Brevicoryne brassicae* (L.). *J. Anim. Ecol.* 32: 393-424.
- Hughes, R. D. and P. Sands. 1979. Modeling bushfly populations. *J. Appl. Ecol.* 16: 117-139.
- Hutchison, W. D. and D. B. Hogg. 1984. Demographic statistics for the the pea aphid (Homoptera: Aphididae) in Wisconsin and a comparison with other populations. *Environ. Entomol.* 13: 1173-1181.
- Kennett, C. E. and R. W. Hoffman. 1985. Seasonal development of the California Red scale (Homoptera: Diaspididae) in San Joaquin valley citrus based on the degree-day accumulation. *J. Econ. Entomol.* 78: 73-79.
- Lamb, K. P. 1961. Some effects of fluctuating temperatures on metabolism, development and rate of population growth in the cabbage aphid, *Brevicoryne brassicae*. *Ecology* 42: 740-745.
- Logan, J. A., O. S. Wolkind, S. C. Hoyt and L. K. Tanigoshi. 1976. An analytic model for description of temperature dependent rate phenomena in Arthropods. *Environ. Entomol.* 5: 1133-1140.
- Logan, J. A., R. E. Stinner, R. L. Rabb and J. S. Bacheler. 1979. A descriptive model for predicting spring emergence of *Heliothis zea* population in North Carolina. *Environ. Entomol.* 8: 141-146.
- Messenger, P. S. 1964a. Use of life tables in a bioclimatic study of an experimental aphid-braconid wasp host-parasite system. *Ecology* 45: 119-131.
- Messenger, P. S. 1964b. The influence of rhythmically fluctuating temperatures on the development and reproduction of the spotted alfalfa aphid *Therioaphis maculata*. *J. Econ. Ent.* 57: 71-76.
- Nowierski, R. M., A. P. Gutierrez and J. S. Yaninek. 1983. Estimation of thermal thresholds and age-specific life table parameters for the walnut aphid (Homoptera: Aphididae) under field conditions. *Environ. Entomol.* 12: 680-686.
- Pruess, K. P. 1983. Day-degree methods for pest management. *Environ. Entomol.* 12: 613-619.
- Rabinovich, J. E. 1969. The applicability of some population growth models to a single-species laboratory population. *Ann. Ent. Soc. Am.* 62: 437-442.
- Raworth, D. A. 1984. Population dynamics of the cabbage aphid, *Brevicoryne brassicae* (Homoptera: Aphididae) at Vancouver, British Columbia II. Development, fecundity, and longevity. *Can. Ent.* 116: 871-878.

- Raworth, D. A., S. McFarlane, N. Gilbert and B. D. Frazer. 1984. Population dynamics of the cabbage aphid, *Brevicoryne brassicae* (Homoptera: Aphididae) at Vancouver, British Columbia. III. Development, fecundity, and morph determination vs. aphid density and plant quality. *Can. Ent.* 116: 879-888.
- Shim, J. Y., J. S. Park and W. H. Paik. 1979. The life history of the cotton aphid, *Aphis gossypii* (Homoptera). *Korean J. Plant Prot.* 18(2): 85-88.
- Siddiqui, W. H., C. A. Barlow and P. A. Randolph. 1973. Effects of some constant and alternating temperatures on population growth of the pea aphid, *Acyrtosiphon pisum* (Homoptera: Aphididae). *Can. Entomol.* 105: 145-156.
- Summers, C. G., R. L. Coviello and A. P. Gutierrez. 1984. Influence of constant temperatures on the development and reproduction of *Acyrtosiphon kondoi* (Homoptera: Aphididae). *Environ. Entomol.* 13: 236-242.
- Tamaki, G., M. A. Weiss and G. E. Long. 1982. Effective growth units in population dynamics of the green peach aphid (Homoptera: Aphididae). *Environ. Entomol.* 11: 1134-1136.
- Tanigoshi, L. K. R. W. Browne. 1978. Influence of temperature on life table parameters of *Metaseiulus occidentalis* and *Tetranychus modanieli* (Acarina: Phytoseiidae, Tetranychidae). *Ann. Entomol. Soc. Am.* 71: 313-316.
- Taylor, F. 1982. Sensitivity of physiological time in Arthropods to variation of its parameters. *Environ. Entomol.* 11: 573-577.
- Wagner, T. L., H. Wu, P. J. H. Sharpe, R. M. Schoolfield and R. N. Coulson. 1984. Modeling insect development rates: A literature review and application of a biophysical model. *Ann. Entomol.*
- Whalon, M. E. and Z. Smilowitz. 1979. Temperature-dependent model for predicting field populations of green peach *Myzus persicae* (Homoptera: Aphididae). *Can. Entomol.* 110: 57-62.

POPULATION GROWTH AND TEMPERATURE-DEPENDENT EFFECT OF COTTON APHID, *APHIS GROSSYPII* GLOVER

Yu-Chang Liu and Jen-Jiun Perng

*Research Institute of Entomology, National Chung
Hsing University, Taichung, Taiwan, R. O. C.*

The population growth, population parameters and the temperature-dependent development of cotton aphid (*Aphis gossypii* Glover) were studied in the laboratory and screen house. Life table data were obtained at constant temperatures of 16°, 21°, 25°, 27°, 28.5° and 30°C. The low development threshold temperature for the prereproductive stages was 7.34°C, by X-intercept method. The optimum temperature for the development of immature stages was 27°C, obtained either from the experiment results at constant temperatures, or by binomial regression equations. The age-specific survival rate (l_x) was high 70 days at low temperature (16°C), and 29 days at 30°C, the higher the temperature the shorter the longevity. The highest age-specific fecundity (m_x) sustained for about 10 days at various constant temperatures, while the reproductive stages lasted 20-25 days. The fluctuating temperatures always disadvantaged to the development of aphid population compared with the same condition at constant temperatures.

The highest intrinsic rate of increase (r) and the finite rate of increase (λ) were found at 27°C, was 0.541 and 1.718, respectively. The mean generation time (GT), prereproductive stage (TTFR) and the doubling time (DT) were the shortest also at 27°C, was 7.90, 4.56 and 1.28 days, respectively. Although the demographic statistics at high fluctuating temperatures (27°-30°-33°-30°C) were close to that in summer season condition, significant differences were observed between the low fluctuating temperatures (17°-20°-23°-20°C) and the cold season. The population growth rate increased rapidly in the beginning until reached the high density at the 10th day at constant 25°C, which is very close to the exponential growth by prediction. However, growth rate slowed down and declined sharply after reached the highest density might be influenced by the density dependent effect.

附錄 各生命表介量及其計算公式

Appendix: Mathematical formulae for the life table parameters.

Life table parameters	Formulae
Age-specific survival rate (l_x)	—
Age-specific fecundity (m_x)	—
Gross reproductive rate (GRR)	$GRR = \sum_{x=0}^{\infty} m_x$
Net reproductive rate (R_0)	$R_0 = \sum_{x=0}^{\infty} l_x m_x$
Intrinsic rate of increase (r)	$1 = \sum_{x=0}^{\infty} l_x m_x e^{-rx}$
Finite rate of increase (λ)	$\lambda = e^r$
Mean generation time (GT)	$GT = (\ln R_0) / r$
Doubling time (DT)	$DT = (\ln 2) / r$

x: Age in days.